



Sami Säisä

NORMET OY:N IISALMEN TEHTAAN ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN KUNTOARVIO

**NORMET OY:N IISALMEN TEHTAAN
ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN KUNTOARVIO**

Sami Säisä
Opinnäytetyö
Kevät 2011
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Sami Säisä

Opinnäytetyön nimi: Normet Oy:n lisälmen tehtaan ilmanvaihtojärjestelmän kuntoarvio

Työn ohjaaja: Pirjo Kimari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2011

Sivumäärä: 41 + 6 liitettä

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö on tehty Normet Oy:n lisälmen tehtaalle. Normet Oy on teollisuusyritys, joka sijaitsee Peltosalmella lisälmessä. Yritys valmistaa maanalaisessa kaivos- ja tunnelitoiminnassa käytettäviä koneita.

Työssä selvitettiin ilmanvaihtolaitteiden kunto, joka saatiin tekemällä kuntoarvio. Tehtävänä oli selvittää myös energiankulutuksen sekä huolto- ja ylläpitokustannusten pienentämismahdollisuuksia. Kuntoarviossa tarkastettiin silmämääräisesti kaikki tehtaan ilmanvaihtokoneet.

Tarkastuksessa saatujen tietojen avulla koneille annettiin kuntoluokka sekä uusimis-, huolto- ja korjaustoimenpide-ehdotukset. Ehdotetuille uusittaville ilmanvaihtokoneille laskettiin lämmitysenergiankulutus ja kustannusarvio. Lämmitysenergiankulutusta verrattiin nykyisiin uusittavien ilmanvaihtokoneiden laskennallisesti saatuihin lämmitysenergiakulutuksiin. Uusittavan järjestelmän takaisinmaksuaika on 2,3 vuotta. Ilmanvaihtokoneille laskettiin lämmitysenergiankulutus käyttäen apuna vuosien 2007–2009 lämmitystarvelukujen keskiarvoa, jota verrattiin näiden vuosien toteutuneeseen raskaan polttoöljynkulutuksen keskiarvoon.

Ilmanvaihdon lämmitysenergian tuottamiseen käytetyn raskaan polttoöljyn laskettu kulutus on 70 % vuosien 2007–2009 keskikulutuksesta. Moottorin tehon tai SFP-luvun avulla laskettiin ilmanvaihtokoneiden puhaltimien moottorien sähköenergiankulutus, joka on 29 % vuosien 2007–2009 sähköenergian keskikulutuksesta.

Asiasanat:
kuntoarvio, ilmanvaihto, teollisuus

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLTÖ	4
1 JOHDANTO	5
2 KUNTOARVIO	6
3 KOHTEEN ESITTELY	9
4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN KUNTOKARTOITUS	12
4.1 Ilmanvaihtojärjestelmän yleiskuvaus	12
4.2 Koneet	13
4.3 Ilmanvaihtokoneiden huolto- ja korjaustarpeet	17
5 TOIMENPITEET	22
5.1 Koneiden uusimistarpeet	22
5.1.1 Ilmavirran määrittäminen	22
5.1.2 Uuden ilmanvaihtolaitteiston kustannukset	22
5.1.3 Uuden ilmanvaihtolaitteiston vaikutukset käyttökustannuksiin	24
5.2 Korjaus- ja huoltotoimenpiteet	28
6 ENERGIAKUSTANNUKSET	30
7 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39
LIITTEET	41

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Normet Oy:n toimeksiannosta. Normet Oy valmistaa maanalaisiin kaivos- ja tunnelitoimintaan erilaisia koneita. Teollisuuslaitos sijaitsee lisalmessa. (1.)

Normet Oy:n lisalmen tehtaan kokonaispinta-ala on noin 20 000 m². Teollisuushallin pinta-ala on yhteensä 15 500 m². Hallit on rakennettu kolmessa vaiheessa vuosina 1966, 1982 ja 1996. Rakennuksessa on myös toimisto-, ruokala- ja sosiaali-tiloja. Kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmä on pääsääntöisesti alkuperäinen jokaisessa hallissa. (2.)

Tässä opinnäytetyössä selvitetään Normet Oy:n lisalmen tehtaan ilmanvaihtolaitteiston kunto. Työn tuloksena saadaan ilmastointijärjestelmän kuntoarvio. Työssä selvitetään myös energiankulutuksen sekä huolto- ja ylläpitokustannusten pienentämismahdollisuuksia.

Työn tavoitteena on selvittää ilmanvaihtojärjestelmän kunto ja kehittää ennakkoivaa huoltoa. Lisäksi selvitetään, miten olisi mahdollista säästää energiaa ja pienentää huolto- ja ylläpitokustannuksia.

2 KUNTOARVIO

Kuntoarvio tehdään kiinteistön kunnan selvittämiseksi. Kuntoarvion tarkoituksena on esittää kokonaiskuva kiinteistön tai sen osa-alueiden kunnosta. Arviossa tarkastetaan kiinteistön osa-alueet ja selvitetään tärkeimmät korjauskohdat. Osa-alueisiin kuuluvat piha-alueet, rakenteet, LVI-järjestelmät, sähkötekniikka, energiatalous ja sisäolosuhteet. Kuntoarvio on myös mahdollista tehdä vain tietyille rakennusosalle, kuten vesikatolle, lämmönsiirtimille tai ilmanvaihtokoneille. Tällöin kyse on horisontaalikuntoarviosta. Saatujen tietojen avulla nähdään osa-alueiden korjaustarpeet ja mahdollisten lisätutkimusten tarve. Havaittujen asioiden avulla tehdään korjaus- tai uusimistoimenpiteistä suuntaa antava kustannusarvio. (3, s.1–2.)

Kuntoarvion tekeminen on vaativa tehtävä, johon tarvitaan kokenut henkilö, jolta vaaditaan rakennus-, LVI- ja sähkötekniikan osaamista. Tämän takia on suositeltavaa, että kuntoarvion tekee työryhmä, jossa on asiantuntija kultakin osa-alueelta. Tällöin vain yksi kuntoarvioitsija on yhteydessä tilaajaan ja toimii projektin ohjaajana. (3, s. 2.)

Kuntoarvioija tarvitsee avukseen joitakin työvälineitä ja mittauslaitteita. Arvioijat valitsevat tarvikkeet kohteen ja osa-alueen mukaan. Yleisimpiä työvälineitä ovat kello, digitaalikamera, taskulamppu, monitoimityökalu, mitta, vesivaaka, tarkastuslistat ja muistiinpanovälineet sekä mittauslaitteista pintakosteusmittari, suhteellinen kosteusmittari, lämpömittari ja yleismittari. (3, s. 2.)

Kuntoarviota aloitettaessa ensimmäiseksi tulee kerätä kohteesta lähtötiedot. Tällaisia tietoja ovat rakennukseen liittyvät tiedot sekä laitteiston tekniset tiedot ja piirustukset. Nämä tulee olla käytettävissä ennen katselmusta. Täydennettävistä tai puuttuvista tiedoista on tiedotettava tilaajaa. Lähtötietojen avulla on mahdollista tutustua kiinteistöön etukäteen. (3, s. 3.)

Kuntoarvion apuna on mahdollista käyttää tiedonkeruulomakkeita, joihin kerätään tarkastettavista rakennusosista ja järjestelmistä tietoja. Tiedonkeruulomake

on hyvä muistilista, jonka avulla tarkasteltavia kohtia ei jää tarkastamatta. Tilaa-
jan halutessa ne voidaan lisätä raportin liitteeksi. (3, s. 4.)

Kuntoarviossa käydään tarkastussuunnitelman mukaiset osa-alueet ja järjestelmät läpi. Kuntoarvio tehdään silmämääräisesti, rakenteita rikkomatta ja huoltohenkilöiden haastatteluihin perustuen. Tarkasteltavista rakennusosista ja järjestelmistä etsitään vaurioita ja toimintaa heikentäviä kohtia. Vaurioista ja puutteista on hyvä ottaa valokuvia, jolloin ne ovat helpommin havainnollistettavissa. (3, s. 5.)

Kuntoarviossa tarkastettavat osa-alueet tai järjestelmät täytyy käydä sellaisella tarkkuudella läpi, jotta niistä saadaan riittävän hyvä yleiskuva. Rakenteiden tai ratkaisujen ollessa samankaltaisia voidaan ne käydä läpi pistokokein. Tällöin täytyy kiinnittää erityistä huomiota kohtiin, joista vauriot alkavat. (3, s. 5–6.)

Kiinteistössä täytyy suorittaa mittauksia kohteen mukaan rakennus-, LVI- ja sähköjärjestelmistä. Rakennusteknisissä mittauksissa mitataan huoneen lämpötiloja ja suhteellista kosteutta pistokokein sekä kosteusvaurioita riskialttiista paikoista. LVI-tekniikassa mitataan huonelämpötilaa, vesikalusteiden virtaamia, ilmavirran liikettä, lämmöntuotannon- ja lämmöntalteenoton hyötysuhdetta. Sähköteknisissä mittauksissa suoritetaan pistorasioiden koestus, valaisimien valoteho ja nousujohtojen kuormitus. Kaikkea ei voida mitata kuntoarviossa, vaan ne on tehtävä erillisinä kuntotutkimuksina. Tällaisia voi olla piilossa olevat rakenteet ja laitteistot, betonirakenteet, asbesti ja ilmanvaihtojärjestelmien ilmavirrat. Kuntoarvioija määrittää niiden tarpeen kuntoarvioraportissa. (3, s. 6.)

Kuntoarviossa annetaan kaikille tarkastetuille kiinteistöille ja tarvittaessa myös tarkemmille nimikkeille kuntoluokka. Luokittelun tarkoituksena on antaa käsitys osan kunnosta. Kuntoluokka ilmoitetaan numeroina 1–4, joista yksi tarkoittaa hyväkuntoista ja neljä huonokuntoista. Muut numerot ovat näiden väliltä. (3, s. 6.)

Kiinteistön turvallisuutta tarkastellaan kuntoarviossa aistinvaraisin havainnoin. Tarkastelussa keskitytään rakenteisiin ja laitteisiin, joista voi olla haittaa ihmisille

tai kiinteistölle. Mikäli rakennetta tai laitetta ei voida tarkastaa turvallisesti, se jätetään suorittamatta. Havaituista turvallisuus- ja lisäselvityskohdista täytyy ilmoittaa tilaajalle viipymättä. (3, s. 7.)

Terveys- ja ympäristöriskit tarkastetaan myös aistinvaraisesti. Tarkastelu tehdään tavallisesti käyttäjäkyselyssä havaittuihin kohtiin. Havaituista ongelmista raportoidaan tilaajalle. (3, s. 7.)

Kuntoarvioijat suorittavat energiatalouden tarkasteluja ja mittauksia osalualueillaan. Tarkastelujen tulosten perusteella selvitetään, onko tarpeellista tehdä energiakatselmusta. (3, s.7.)

Kuntoarviossa havaitut puutteet ja ongelmat, jotka olisi voitu ehkäistä paremalla kiinteistönhuollolla, merkitään raporttiin. Raportissa ehdotetaan vioille korjaustoimenpiteet. Raportissa mainitaan myös, onko käytönaikaiset viranomais-tarkastukset suoritettu. (3, s. 7.)

3 KOHTEEN ESITTELY

Normet Oy:n lisalmen tehdas sijaitsee lisalmessa Peltosalmella. Kiinteistön ensimmäinen osa on rakennettu vuonna 1966 ja sitä on laajennettu useaan kertaan. Kokonaispinta-ala kiinteistöllä on noin 20 000 m². Kiinteistössä on toimistoja, ruokala, kokoustiloja, sosiaalitiloja ja halleja, joista hallit vievät suurimman pinta-alan. (Kuva 1.)



KUVA 1. Normet Oy:n lisalmen tehtaan ilmakekuva idän suunnasta (2)

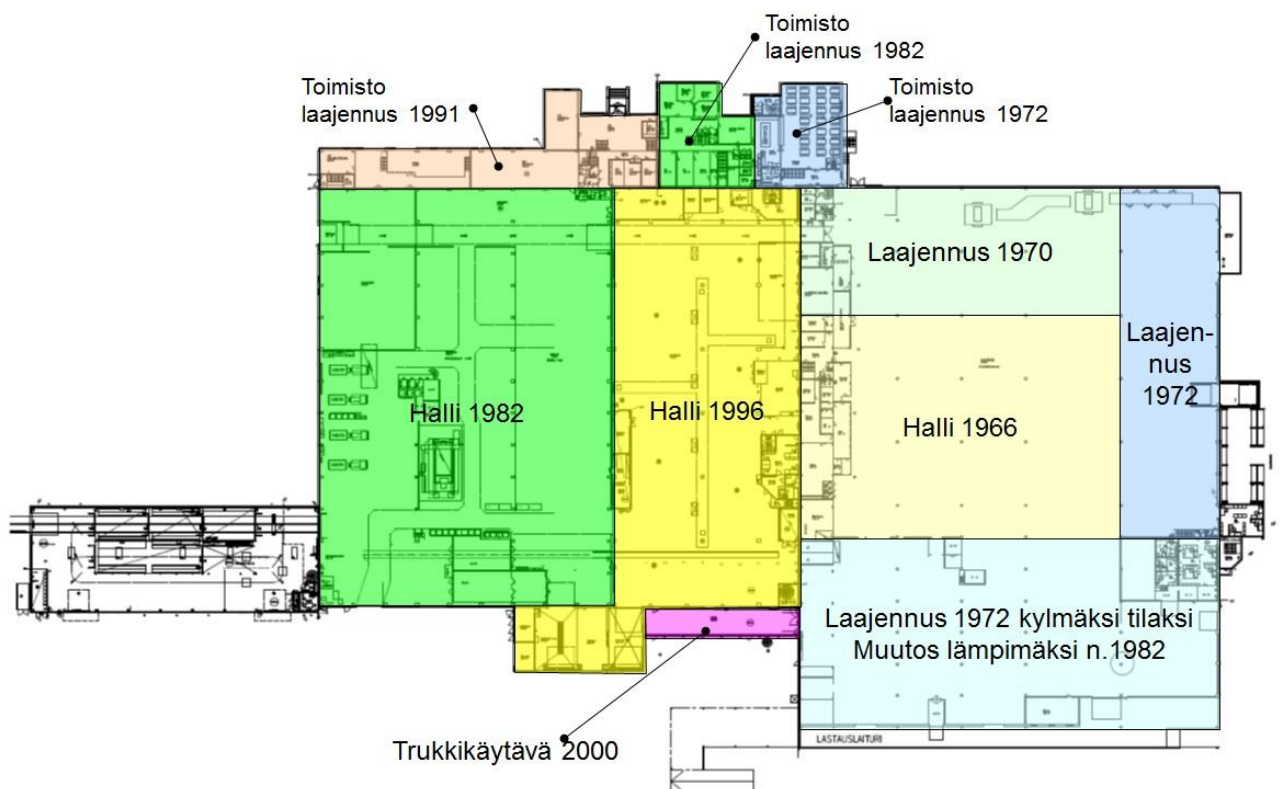
Ensimmäisenä on rakennettu halli-66, joka rakennettiin vuonna 1966. Ensimmäinen laajennus on tehty itäpuolelle vuonna 1970 ja kaksi muuta etelä- ja länsipuolelle vuonna 1972. Länsipuolen laajennus on ensiksi ollut kylmätila, joka on muutettu lämpimäksi vuonna 1982. Pinta-alaa hallilla on 8 000 m². Halli-66:tta on remontoitu vuonna 2010, jolloin remontoitu puoli erotettiin remontoimattomasta puolesta väliseinällä. Remontoidun käyttö on muuttunut samalla varasto ja kokoonpanopuoleksi. Remontoimaton puoli on Normet Oy:n tytäryhtiö Farmi Forestin maalaus-, hitsaus- ja kokoonpanokäytössä. Vuonna 1972 tehtiin itäpäätyyn myös toimistolaajennus. (2.)

Vuonna 1982 on rakennettu halli-82, joka on tehty pohjoispuolelle erilleen halli-66:sta. Hallin pinta-ala on 4 500 m². Samana vuonna on laajennettu myös poh-

joispuolelle vuonna 1972 tehtyä toimistoa. Samaa toimisto aluetta on laajennettu pohjoiseen myös vuonna 1991. Hallissa tehdään kokoonpanoa ja hitsausta. (2.)

Vuonna 1996 on rakennettu halli-96, joka tuli halli-66:n ja -82:n väliin. Hallin pinta-ala on noin 3 000 m². Hallissa tehdään kokoonpanoa ja hitsausta. Vuonna 2000 on tehty halli-66:n ja -82:n väliin trukkipäykylä. Halli-66:n ja -96:n välissä on toimisto- ja sosiaalitiloja 1. ja 2. kerroksessa. Finnish Steel Painting eli FSP:n laajennus on tehty vuonna 2007. (2.)

Kiinteistön pohjakuvassa on esitetty rakennusvuodet. Osiot on merkitty erivärisinä havainnollistamisen helpottamiseksi. Värittämätön alue kuvan 2 vasemmassa laidassa on FSP-laajennus, joka ei kuulu kuntoarvion tarkastelualueeseen. (Kuva 2.)



KUVA 2. Kiinteistön rakennusvuodet (2)

Kiinteistössä on käytössä öljylämmitys. Pääasiallisesti lämpö tuotetaan raskasöljypolttimoilla Oilon RP-200M, jonka tehoalue on 0,66–3,11 MW sekä Oilon RP-106H, jonka tehoalue on 60–180 kW. Näissä polttimoissa on Ahlström Oy:n kattilat. Lisäksi on kevytpolttoöljyllä toimiva öljypoltin, jota käytetään hätävarana.

(4.)

4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN KUNTOKARTOITUS

4.1 Ilmanvaihtojärjestelmän yleiskuvaus

Normet Oy:n lisälmen tehtaan ilmanvaihtojärjestelmän laitekanta on laaja. Ilmanvaihtokoneita on kaiken kaikkiaan yli 70. Pääsääntöisesti laitteet ovat alkuperäisiä, joten ikäkanta vaihtelee. Vanhimmat ovat 1960-luvun lopulta ja uusimmat vuodelta 2010. Hallien lämmitys tapahtuu ilmanvaihtokoneilla.

Halli-66 on jaettu kahteen osaan, josta toinen puoli on kunnostettu vuonna 2010. Kunnostamattomalla puolella, joka on Farmi Forestin käytössä, ilmanvaihtolaitteita ei ole uusittu. Tuloilmasta huolehtivat tuloilmakoneet ja poistoilmasta huippuimurit. Hallin yhteydessä on myös toimistotiloja, joissa on oma tulo- ja poistoilmakone lämmöntalteenotolla varustettuna. Remontoidulla puolella ilmanvaihtolaitteistoa on uusittu ja koneiden toimintaa muutettu. Hallissa on LIK-16-tulo- ja poistoilmakone, jossa on lämmöntalteenotto, sekä tuloilmakone LIK-17 lämmöntalteenottopatterilla varustettuna. Lämpö otetaan talteen katolla olevasta huippuimurista, jossa on neulalämpöpatteri. Tuloilmakoneet LIK-1 ja LIK-2 on muutettu kiertoilmakoneiksi. Halleissa pidetään yöllä lämpöä päällä kiertoilmakoneilla. Käynnistymisrajaksi on asetettu 16 °C. Koneet selviävät Halli-66:n ja Halli-66:n (Farmi Forest) ilmanvaihtokaavioista (liitteet 1 ja 2).

Halli-82:n ilmanvaihto hoidetaan 2TK1/2PK1-, KIVA-6- ja TK-3.0/PK-2.1-ilmanvaihtokoneilla. 2TK1/2PK1 ja KIVA-6 sijaitsevat hallin vesikatolla ja TK-3.0/PK-2.1 sijaitsee hallin sisällä sijaitsevan vanhan maalaamon katolla. KIVA-6-ilmanvaihtokoneessa on pyörivä lämmöntalteenottolaite. 2TK1/2PK1-koneessa on lämmöntalteenottokennoja, jotka varaavat lämpöä vuorotellen ja kone TK-3.0/PK-2.1 on varustettu ristivirtalevyllämmönsiirtimellä. Tilassa on D-IV-PF-06-savukaasuimuri. Hallin länsipäädyssä on pesuhalli, jossa on tuloilmakone ja huippuimuri, joita ohjataan seinällä olevalla kytkimellä tarvittaessa. Koneet on esitetty Halli-82:n ilmanvaihtokaaviossa (liite 3).

Halli-96:ssa on 1TK1/1PK1-ilmanvaihtokone, joka sijaitsee hallin vesikatolla. Koneessa on 2TK1/2PK1-koneen tapaan lämmöntalteenottokennoja. Hallin län-

sipäädyssä on niin sanottu eteinen, jossa on lämpötilan mukaan kytkeytyvä kiertoilmakone. Koneet on esitetty Halli-96:n ilmanvaihtokaaviossa (liite 4).

Toimisto- ja sosiaali tilojen ilmanvaihto on jaettu usealle koneelle. Koneita ovat Pielavent, KIVA-1, 4TK1/4PK1, TK1 Hallinto, IV-kone Ruokala, TK3 Sos.tilat, C-LIK-4 ja C-LIK-5. Koneet on esitetty toimisto- ja sosiaali tilojen ilmanvaihtokaaviossa (liite 5).

4.2 Koneet

Normet Oy:n ilmanvaihtokoneet on esitetty tiloittain (taulukot 1–5). Taulukoissa on esitetty koneiden ilmavirta, valmistusvuosi, kuntoluokka ja lämmöntalteenoton tyyppi. Kuntoluokka ilmaisee ilmanvaihtokoneen nykyhetken kuntoa. Kaikkia koneita ei ole ollut mahdollista tarkistaa, jolloin kuntoluokka on tyhjä.

Kuntoluokkien merkitykset ovat (3, s. 6)

1 = kunnossa

2 = korjattava tai huollettava

3 = uusittava.

TAULUKKO 1. Halli-66:n ilmanvaihtokoneet

Kone	Ilmavirta (m ³ /s)	Valmistusvuosi	Kuntoluokka	LTO
KIK-5	0,556	1970	1	
KIK-11			1	
KIK-13			1	
KIK-14			1	
KIK-15			1	
LIK-1	1,667		1	
LIK-2	1,667		1	
LIK-15	+1,390 -0,690		2	
LIK-16	+4,500 -4,500	Kunnostettu 2010	2	Regeneratiivinen lämmönsiirrin

(jatkuu)

TAULUKKO 1. (jatkuu)

LIK-17	+5,000/15,000 -6,000	2010	2	Nestekiertoinen lämmönsiirrin
HI-2	-0,694			
HI-3	-0,694			
HI-5	-0,528 -0,264		1	
HI-6	-0,528 -0,264			
HI-7				
5PF1	-2,000 -1,000	1995	2	

TAULUKKO 2. Halli-66:n Farmi Forestin ilmanvaihtokoneet

Kone	Ilmavirta (m ³ /s)	Valmistusvuosi	Kuntoluokka	LTO
KIK-3	0,556		2	
KIK-4	0,556		2	
KIK-6	0,556	1970	2	
KIK-8	0,556		2	
KIK-9	0,556		2	
LIK-3	+1,720		3	
LIK-4	+1,720		3	
LIK-13	+1,360		3	
LIK-14	+1,360		3	
HI-1	-0,694		1	
HI-4	-0,694			
HI-8			2	
HI-9	-3,190			
HI-10	-3,190			
HI-13			1	
HI-20	-3,110		1	
HI-21	-0,710			

(jatkuu)

TAULUKKO 2. (jatkuu)

IV-kone			1	Ristivirtalevy-
Farmi				lämmönsiirrin
LIK-11	+2,780		3	
LIK-12	+4,900		3	

TAULUKKO 3. Halli-82:n ilmanvaihtokoneet

Kone	Ilmavirta (m ³ /s)	Valmistusvuosi	Kuntoluokka	LTO
PK-2.1	-7,640		2	Ristivirtalevy-
				lämmönsiirrin
TK-3.0	+7,500		2	Ristivirtalevy-
				lämmönsiirrin
D-IV-OF-2	3,600		3	
2TK2	1,300		2	
2PF10	-1,900			
2PF8	-1,200	1996		
2PF5/2PF6	-1,900	1996	1	
D-IV-PF-05	-0,690	1981	2	
D-IV-PF-06	-1,600	1981	1	
2TK1/2PK1	+6,500/4,300 -7,800/5,200	1996	2	Regeneratiivinen
				lämmönsiirrin
KIVA-6	+7,800 -7,800	1980	2	Regeneratiivinen
				lämmönsiirrin

TAULUKKO 4. Halli-96:n ilmanvaihtokoneet

Kone	Ilmavirta (m ³ /s)	Valmistusvuosi	Kuntoluokka	LTO
1PF2	-2,000		1	
1PF4	-0,100	1995	1	
4PF2	-0,090	1996	1	
4PF3	-0,120	1996	1	
4PF4	-0,100	1996	1	

(jatkuu)

TAULUKKO 4. (jatkuu)

4PF5	-0,090	1995	1	
1PK3	-0,420			
3PK1	-1,670/0,835	1996	1	
1TK1/1PK1	+15,000/10,000 -15,000/10,000	1996	1	Regeneratiivinen lämmönsiirrin
2KIF3	1,300		2	
3TK1	+0,830/0,415	1996	2	

TAULUKKO 5. Sosiaali- ja toimistotilojen ilmanvaihtokoneet

Kone	Ilmavirta (m ³ /s)	Valmistusvuosi	Kuntoluokka	LTO
TK1 Hallinto	+1,200 -1,000	1981	1	Ristivirtalevy- lämmönsiirrin
IV-kone Ruokala	+1,200/0,600 -0,600	1980	1	Ristivirtalevy- lämmönsiirrin
TK-3 Sos.tilat	+1,200 -1,000		1	Ristivirtalevy- lämmönsiirrin
C-IV-PF-08	-0,800	1981	1	
C-IV-PF-07		1981		
6PF1	-0,300/0,150	1996		
C-IV-PF-06	-0,160	1981	1	
C-IV-PF-04	-0,160	1981	1	
Takkaimuri				
C-HI-10	-0,180		1	
C-LIK-4	+1,523/0,762 -1,393/0,697		1	Ristivirtalevy- lämmönsiirrin
C-LIK-5	+0,622/0,313		1	
Pielavent		1986	2	Ristivirtalevy- lämmönsiirrin
KIVA-1	+1,000 -1,100	1981	2	Regeneratiivinen lämmönsiirrin
4TK1/4PK1	+3,700/2,470 -3,700/2,470	1996	1	Regeneratiivinen lämmönsiirrin

4.3 Ilmanvaihtokoneiden huolto- ja korjaustarpeet

Yleisin huollontarve ilmanvaihtokoneissa on lämmityspattereiden likaisuus. Tämä heikentää lämmön siirtymistä patterista ilmaan. Puhdistuksen tarpeessa olevat patterit ovat koneissa 2TK2, TK-3.0, LIK-1, LIK-4, LIK-12, LIK-13, LIK-14, KIK-3, KIK-4, KIK-6, KIK-8, 2KIF3, KIVA-1 ja KIVA-6. (Kuva 3.)



KUVA 3. LIK-4-koneen lämmityspatteri

Kone 4TK1/4PK1 ei lähtenyt heti käyntiin kuntotarkastuksen jälkeen. Koneen käynnistyminen vaati usean yrityksen ennen käynnistymistä. Vika on mahdollisesti automaatiossa, mutta se vaatii tarkempaa selvitystä. (Kuva 4.)



KUVA 4. 4TK1/4PK1-ilmanvaihtokone

Lämmöntalteenottokennot ovat likaisia koneissa 2TK1/2PK1, KIVA-6, Pielavent, KIVA-1 ja TK-3.0. Likaisuus heikentää lämmön siirtymistä kennoon ja kennosta ilmaan. (Kuva 5.)



KUVA 5. 2TK1/2PK1-koneen lämmöntalteenottokennosto

Koneen 3TK1 raitisilmapelti ei mene kiinni turvakytkimen ollessa 0-asennossa. Suodatinvahdista on vuotanut manometrineste pois.

Huippumuri 5PF1:n poistoilmavirta on liian suuri, mikä aiheuttaa lämmönjakohuoneeseen liian suuren alipaineen. Kanavasta puuttuu perhospelti, jolloin lämmönjakohuoneeseen pääsee virtaamaan kanavaa pitkin kylmää ilmaa.

Kiertoilmakone 2KIF3:n puhallin tai moottori pitää sirittävää ääntä. Laakeri on mahdollisesti viallinen.

Koneessa LIK-16 lämmöntalteenottokennon poistoilmapuolen pelti ei toimi. Pelti ohjaa vuorotellen poistoilmavirtaa kennoihin, jotka lämpenevät poistoilmasta. Pellin ollessa kokoajan kiinni kenno ei voi varautua, jolloin tuloilma ei lämpene riittävästi. Saman kennon tuloilmapellin akselin laakerointi on huono, mistä syystä akseli hankaa peltiä. Koneesta puuttuu myös huoltotikkaat. Huoltotikkaiden puute hankaloittaa koneen luokse pääsyä. (Kuva 6.)



KUVA 6. LIK-16-koneen lämmöntalteenoton poistoilmapelti

LIK-17-koneen raitisilmapelleissä ei ole tiivisteitä, jolloin kylmä ilma virtaa koneeseen. Raitisilmakanavasta puuttuu lumisuoja.

Koneesta LIK-15 puuttuu turvakytkin. Kone on mahdollista sammuttaa ainoastaan sähkökeskuksesta.

Tuloilmapuhallin 2TK2:n automaatiokytkimet on sijoitettu pesutilan viereiseen huoneeseen näkyville. Sen takia kuka tahansa pääsee kääntämään kytkimiä, jolloin kone ei toimi enää suunnitellulla tavalla. (Kuva 7.)



KUVA 7. 2TK2-koneen automaatiokytkimet

Oviverhopuhaltimen D-IV-OF-02:n kanava on painunut sisäänpäin ja irronnut liitoksesta. Puhaltimen joustoliitin on myös revennyt.

Huippuimurit D-IV-PF-05 ja HI-8 tärisevät. Puhaltimien siivissä on mahdollisesti likaa, joka aiheuttaa tärinän.

Ilmanvaihtokoneen 2TK1/2PK1:n poistopuhaltimen hihnat pitävät ääntä, mikä johtuu hihnoiden kireydestä.

Halli-66 Farmi Forestin puolella olevat ilmanvaihtokoneet LIK-3, LIK-4, LIK-11, LIK-12, LIK-13 ja LIK-14 ovat käyttöikänsä vanhoja. Tilan koneissa ei ole lämmön talteenottoa, jolloin energiaa menee hukkaan isoja määriä. (Kuva 8.)



KUVA 8. LIK-3-tuloilmakone

Poistoilmakone PK-2.1:n poistoilmakammiossa on pölyä, mikä nopeuttaa suodattimien likaantumista (kuva 9).



KUVA 9. PK-2.1-koneen poistoilmakammio

5 TOIMENPITEET

5.1 Koneiden uusimistarpeet

Halli-66 Farmi Forestin puolen ilmanvaihtokoneiden ikä on noin 30–40 vuotta. Hallin koneissa ei ole lämmöntalteenottoa, joten ne olisi syytä vaihtaa nykyaikaisiin lämmöntalteenotolla varustettuihin koneisiin. Hallissa työstetään metallia ja maalataan, minkä vuoksi lämmöntalteenottona tulee käyttää nestekiertoista lämmönsiirrintä. Lämmöntalteenoton tyypin määrittää poistoilman likaisuus. Käytettäessä muuta lämmöntalteenottoa poistoilmasuodattimet tukkeutuisivat liian nopeasti. Hallin pinta-ala on noin 3 308 m² ja bruttopinta-ala 3 392 brm² sekä tilavuus 18 200 m³. Tila lämmitetään ilmanvaihtokoneilla.

5.1.1 Ilmavirran määrittäminen

Sisäilman laadun kannalta tarvittava ilmavirta voidaan arvioida RakMk:n osan D2 perusteella. Tila on teollisuusrakennus, jossa tehdään keskiraskasta työtä. RakMk:n osan D2 mukaan ulkoilmavirran tulee olla 1,5 (dm³/s)/m². Ulkoilmavirta voidaan laskea kaavalla 1. (5, s. 33.)

$$q_{v,tulo} = 1,5 \frac{dm^3}{s} * 3\,308\,m^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

$$q_{v,tulo} = 4\,962 \frac{dm^3}{s} = 4,962 \frac{m^3}{s}$$

Sisäilman laadun kannalta riittäväksi ulkoilmavirraksi saadaan 4,962 m³/s. Tilan rakenteiden lämpöhäviöitä ei ole tiedossa, jotta voitaisiin laskea tilan lämmittämiseen tarvittava ilmamäärä, vaan tämä täytyy tehdä erillisessä suunnitelmassa. Tarvittava lämmitys voidaan tehdä kiertoilmakoneilla, joita tilassa on ennestään viisi.

5.1.2 Uuden ilmanvaihtolaitteiston kustannukset

Ilmanvaihtojärjestelmän hinta-arvio voidaan laskea Talonrakennuksen kustannustieto -kirjan avulla. Laskuihin tarvitaan rakennuksen bruttopinta-ala ja ilmamäärä. Kirjassa Suomi on jaettu alueisiin, joille on annettu hintataso. Hinta-

tasossa on otettu huomioon alueen tuotteiden ja työn hinta. Tässä tapauksessa käytetään aluetta 5, joka on Muu-Suomi ja jonka hintataso on 65. (6, s. 48, 279.)

Tuloilmakoneen hinta saadaan ilmamäärän perusteella, ja se sisältää suodatuksen, lämmityksen ja LTO valmiuden. Kone valitaan $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ilmamäärän perusteella, jolloin konekoko on 6, jonka ilmavirta on $4,0\text{--}6,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Koneen hinta on 9 600 euroa. Poistoilmakoneiksi valitaan kaksi huippuimuria, joiden ilmavirrat ovat $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ja hinta 3 200 euroa/kpl. Huippuimureiden yhteishinta on 6 400 euroa. (6, s. 279, 284.)

Lämmöntalteenotoksi valitaan glykolipatteri eli nestekiertoinen lämmönsiirrin, jonka ilmavirta on $2,0\text{--}3,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Glykolipattereita tarvitaan kaksi, jolloin yhteishinnaksi tulee 25 000 euroa. Lisäksi hintaan lisätään neulaputkipatterin lisähinta, joka on 1 600 euroa/kpl sekä saneerauskohteen lisähinta 930 euroa/kpl. Tällöin hinnaksi saadaan 30 060 euroa, joka sisältää 5 metriä meno- ja paluu glykoliputkistoa. (6, s. 280.)

Tuloilmakanaviston hinta lasketaan konekohtaisen tuloilmanjaon mukaan. Ilmanvaihto on $1,5 (\text{dm}^3/\text{s})/\text{brm}^2$, jolloin kanaviston hinta valitaan $1,7 (\text{dm}^3/\text{s})/\text{brm}^2$ kohdasta. Tämän hinta on 5,0 euroa/ brm^2 . Hinnaksi tulee 16 960 euroa. Poistoilmakanavat lasketaan myös $1,7 (\text{dm}^3/\text{s})/\text{brm}^2$ kohdasta, jolloin hinta on 3,4 euroa/ brm^2 . Hinnaksi tulee 11 533 euroa. Kanavien hintaan ei ole lisätty saneerausrakennuksen lisähintaa avaran tilan takia. (6, s. 280, 285)

Tuloilman ilmanjakolaitteet valitaan konekohtaisesta ilmanjako kohdasta. Hinta on 1,7 euroa/ brm^2 . Tällöin hinnaksi tulee 5 766 euroa. Poistoilmaventtiilit lasketaan samasta kohdasta, jolloin hinta on 0,7 euroa/ brm^2 ja hinnaksi tulee 2 374 euroa. (6, s. 282, 285.)

Halli-66 Farmi Forestin puolen ilmanvaihtojärjestelmän hinta saadaan laskemalla tulo- ja poistoilmakone, lämmöntalteenotto, tulo- ja poistoilmakanavat sekä tulo- ja poistoilmaventtiilit yhteen. Näistä tulee yhteensä 82 693 euroa. Hinta ei sisällä arvonlisäveroa.

5.1.3 Uuden ilmanvaihtolaitteiston vaikutukset käyttökustannuksiin

Nykyisten LIK-3-, LIK-4-, LIK-13-, LIK-14-, LIK-11- ja LIK-12-ilmanvaihtokoneiden kuluttamaa lämmitysenergiaa ei ole mitattu, joten se täytyy laskea. Koneiden tarkkoja käyntiaikoja ei ole tiedossa, joten niiden oletetaan pyörivän työjakson ajan eli 16 tuntia ja viitenä päivänä viikossa. Koneiden laskennallinen lämmitysenergiankulutus voidaan laskea kaavalla 2 (7, s. 22).

$$Q = q_{vt} \rho_i c_{pi} t_d t_v S (1 - \eta_{LTO}) \quad \text{KAAVA 2}$$

Q	ilmanvaihdon lämmityspatterin tarvitsema lämmitysenergia, kWh
q_{vt}	tuloilmavirta, m ³ /s
ρ_i	ilmantiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 kW/(kgK)
t_d	ilmanvaihtokoneen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaika, h/d
t_v	ilmanvaihtokoneen viikoittainen käyntisuhde, d/7d
S	kiinteistön paikkakunnan lämmitystarveluku, Kd
η_{LTO}	ilmanvaihdon poistoilman lämmön talteenoton vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta.

Lämmitystarveluku paikkakunnalle lasketaan kaavalla 3 (8, s. 35).

$$S_{17} = k_2 * S_{\text{vertailupaikkakunta}} \quad \text{KAAVA 3}$$

k_2	kiinteistön paikkakunnan korjauskerroin
$S_{\text{vertailupaikkakunta}}$	vertailupaikkakunnan lämmitystarveluku, Kd

Kiinteistön paikkakunta on Iisalmi ja vertailupaikkakunta on Kuopio. Korjauskerroinena käytetään 0,97 (8, s. 143) ja lämmitystarvelukuna käytetään vertailupaikkakunnan toteutuneiden lämmitystarvelukujen keskiarvoa vuosina 2007–2009, jotka ovat 4 445, 4 323 ja 4 731 (9). Keskiarvoksi tulee 4 500 Kd. Iisalmen lämmöntarveluvuksi tulee

$$S_{17} = 0,97 * 4\,500 \text{ Kd}$$

$$S_{17} = 4\,365\text{ Kd}.$$

Ilmanvaihtokoneiden vuosihyötysuhteet on arvioitu lämpötilasuhteista. Taulukossa 6 on esitetty erilaisille lämmöntalteenotto tyypeille arvioidut vuosihyötysuhteet.

TAULUKKO 6. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhte (η_t) (7, s. 23) ja vuosihyötysuhde (η_{LTO}) (10)

Lämmöntalteenoton tyyppi	η _t	η _{LTO}
Nestekiertoinen lämmönsiirrin	0,45	0,40
Ristivirtalevylämmönsiirrin	0,55	0,50
Vastavirtalevylämmönsiirrin	0,70	0,65
Regeneratiivinen lämmönsiirrin	0,75	0,70

Nykyisen ilmanvaihtolaitteiston lämmitysenergiankulutus saadaan laskettua kaavalla 2. Käyntiaikana käytetään 16 h/d ja viitenä päivänä viikossa. Yhteen laskettu ilmavirta on 13,840 m³/s. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 0, koska lämpöä ei oteta talteen poistoilmasta.

$$Q = 13,840 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0 \frac{\text{kWs}}{(\text{kgK})} * 16 \frac{\text{h}}{\text{d}} * \frac{5\text{d}}{7\text{d}} * 4\,365\text{ Kd}$$

$$Q = 828\,501,9\text{ kWh}$$

Uuden ilmanvaihtokoneen energiankulutus lasketaan samalla kaavalla. Vuosihyötysuhteena käytetään nestekiertoisen lämmönsiirtimen vuosihyötysuhdetta. Käyntiaikana käytetään työajanjaksoa, joka on 16 tuntia 5 päivänä viikossa.

$$Q = 4,962 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0 \frac{\text{kWs}}{(\text{kgK})} * 16 \frac{\text{h}}{\text{d}} * \frac{5\text{d}}{7\text{d}} * 4\,365\text{ Kd} * (1 - 0,40)$$

$$Q = 178\,223,7\text{ kWh}$$

Nykyinen ilmanvaihtolaitteiston lämmitysenergiankulutus on 828 501,9 kWh ja uuden ilmanvaihtolaitteiston 178 223,7 kWh vuodessa. Uuden ilmanvaihtolait-

teiston kulutuksessa ei ole huomioitu mahdollisesti tarvittavien kiertoilmakoneiden kulutusta. Nykyisen ja uuden laitteiston kulutuksen erotus on 650 278,2 kWh vuodessa.

Lämmitykseen käytettävän raskaan polttoöljyn määrä voidaan laskea kaavalla 4 (7, s. 13).

$$PA_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,osto}}}{Q_{\text{polttoaine,omin}}} \quad \text{KAAVA 4}$$

$PA_{\text{lämmitys}}$	öljyn määrä, kg
$Q_{\text{lämmitys,osto}}$	lämmitysenergiankulutus, jossa otettu huomioon lämmöntuottotavan vuosihyötysuhde, kWh
$Q_{\text{polttoaine,omin}}$	öljyn tehollinen lämpöarvo, kWh/kg

Lämmöntuottotavan vuosihyötysuhde täytyy ottaa huomioon polttoaineen kulutuksessa, joka lasketaan kaavalla 5 (7, s. 13).

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = \frac{Q_{\text{lämmitys}}}{\eta_{\text{lämmitys}}} \quad \text{KAAVA 5}$$

$Q_{\text{lämmitys,osto}}$	lämmitysenergiankulutus, jossa otettu huomioon lämmöntuottotavan vuosihyötysuhde, kWh
$Q_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh
$\eta_{\text{lämmitys}}$	lämmöntuottotavan vuosihyötysuhde

Lämmöntuottotavan vuosihyötysuhteena käytetään 0,89, joka on yli 35 kW:n öljy- ja kaasukattilan vuosihyötysuhde (7, s. 14). Lämmöntuottotavan vuosihyötysuhde huomioiden nykyisen ilmanvaihtolaitteiston lämmitysenergiankulutukseksi saadaan

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = \frac{828\,501,9 \text{ kWh}}{0,89}$$

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = 930\,901,0 \text{ kWh.}$$

Nykyisen ilmanvaihtolaitteiston lämmitysenergian lämmittämiseen tarvittava raskaan polttoöljyn määrän laskennassa käytetään tehollista lämpöarvoa, joka on 11,4 kWh/kg (7, s. 14). Raskaan polttoöljyn määräksi vuodessa saadaan

$$PA_{\text{lämmitys}} = \frac{930\,901,0 \text{ kWh}}{11,4 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}}$$

$$PA_{\text{lämmitys}} = 81\,658,0 \text{ kg}.$$

Huomioiden lämmöntuottotavan vuosihyötysuhde saadaan uuden ilmanvaihtolaitteiston lämmitysenergiankulutukseksi

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = \frac{178\,223,7 \text{ kWh}}{0,89}$$

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = 200\,251,3 \text{ kWh}.$$

Uuden ilmanvaihtolaitteiston laskettu lämmitysenergian lämmittämiseen tarvittava raskaan polttoöljyn määrän laskennassa käytetään tehollista lämpöarvoa, joka on 11,4 kWh/kg (7, s. 14). Raskaan polttoöljyn määräksi vuodessa saadaan

$$PA_{\text{lämmitys}} = \frac{200\,251,3 \text{ kWh}}{11,4 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}}$$

$$PA_{\text{lämmitys}} = 17\,565,9 \text{ kg}.$$

Nykyisen ja uuden ilmanvaihtolaitteiston polttoaineen kulutuksen erotukseksi tulee 64 092,1 kg. Raskaan polttoöljyn keskihinta painotetulla kuukausittaisella myyntimäärällä vuonna 2010 oli 570,57 euro/t (11). Hinta sisältää veron. Rahaa säästyy uudella ilmanvaihtolaitteistolla 36 569,0 euroa vuodessa. Hinnassa ei ole otettu huomioon kiertoilmakoneiden lämmitysenergiankulutusta.

Uuden ilmanvaihtolaitteiston hinnaksi tuli laskelmien mukaan 82 693 euroa ja lämmitysenergiankulutuksessa säästöä 36 569,0 euroa vuodessa nykyiseen ilmanvaihtojärjestelmään verrattuna. Takaisinmaksuajaksi saadaan

$$TA = \frac{82\,693,0\text{ €}}{36\,569,0\text{ €}}$$

$TA = 2,3\text{ vuotta.}$

Uusi ilmanvaihtolaitteisto maksaisi itsensä takaisin 2,3 vuodessa. Takaisinmaksuajassa ei ole huomioitu mahdollisten kiertoilmakoneiden lämmitysenergiankulusta ja laitteiden hankinta- ja asennushintaa.

5.2 Korjaus- ja huoltotoimenpiteet

Ilmanvaihtokone 4TK1/4PK1:n käyntiin lähtemättömyys olisi syytä selvittää tulevana kesänä. Koneen käynnistymättömyys voi aiheuttaa vaikeuksia lämmityskaudella.

Lämmöntalteenottokennot täytyisi pestä 2TK1/2PK1-, KIVA-6-, Pielavent-, KIVA-1- ja TK-3.0-koneista. Lika estää lämmön siirtymisen poistoilmasta lämmöntalteenottolaitteeseen ja siitä tuloilmaan. Pesu pitäisi suorittaa ennen seuraavaa lämmityskautta. Likaisuus lisää sähköenergiankulutusta.

Lämmityspattereissa oleva lika täytyisi pestä 2TK2-, TK-3.0-, LIK-1-, LIK-4-, LIK-12-, LIK-13-, LIK-14-, KIK-3-, KIK-4-, KIK-6-, KIK-8-, 2KIF3-, KIVA-1- ja KIVA-6-koneista pois. Lika estää lämmön siirtymisen patterista tuloilmaan sekä lisää sähköenergiankulutusta.

Huippuimureiden D-IV-PF-05 ja HI-8 puhaltimien siivet täytyisi puhdistaa. Moottorin ja puhaltimen laakerien kunto on syytä samalla selvittää.

Koneeseen LIK-15 täytyy asentaa uusi turvakytin mahdollisimman pian. Hätätilanteen tullessa konetta ei ole mahdollista sammuttaa koneen lähetyviltä.

Lämmönjakohuoneen huippuimurin 5PF1:n ilmavirta täytyy tarkastaa. Kanavaan täytyy asentaa perhospelti, jotta koneen ollessa pysähdyksissä kylmä ilma ei virtaisi kanavaa pitkin rakennukseen.

Koneen LK-16 ennen lämmöntalteenottoa oleva poistoilmapelti täytyy korjata. Pellistä on mahdollisesti katkennut akseli. Lämmöntalteenoton jälkeisen tuloilmapellin akseli hankaa kanavaa vasten. Vika korjautuu laakeroimalla akseli paremmin.

LK-17-koneen raitisilmapellit olisi syytä vaihtaa tai kunnostaa. Koneen ollessa pysähdyksissä tiivisteettömistä pelleistä kylmäilma pääsee siirtymään koneeseen, mikä tällöin jäähdyttää lämmityspatteria. Raitisilmakanavasta puuttuva lumisuoja tulisi asentaa, millä estettäisiin lumen pääsy koneeseen.

Tuloilmakone 3TK1:n raitisilmapelti täytyy korjata ennen seuraavaa lämmityskautta. Koneen ollessa pysähdyksissä kylmä ilma pääsee siirtymään sisälle.

Oviverhopuhallin D-IV-OF-02 on syytä uusida. Korjaamiseen saattaa kulua rahaa lähes saman verran kuin laitteen uusimiseen.

Kone PK-2.1-poistoilmakammio olisi syytä imuroida. Pölyisestä kammioista irta-aa likaa, joka tukkii suodattimet nopeammin. Tämä lisää suodatin kustannuksia.

Ilmanvaihtokoneiden ilmavirtoja ei mitattu kuntotarkastuksen yhteydessä koneiden määrän vuoksi. Tämä olisi syytä suorittaa erillisenä toimenpiteenä. Liian suuri ilmamäärä kuluttaa enemmän energiaa ja liian pieni vähemmän, mutta sisäilman laatu huononee. Mittaukset on syytä tehdä vasta mahdollisten ilmanvaihtolaitteistojen uusimisen jälkeen.

Ilmanvaihtolaitteiden korjaus- ja huoltotoimenpiteiden hinta-arviot on esitetty PTS-taulukossa (liite 6). Hintojen arvioimiseen on saatu apua Iisalmen Putkiasennus Oy:ltä. PTS on tehty lähimmän viiden vuoden ajalle, joten siinä ei ole huomioitu viiden vuoden jälkeen tarvittavia uusimis-, korjaus- tai huoltotoimenpiteitä.

6 ENERGIAKUSTANNUKSET

Ilmanvaihtokoneiden energiankulutuslukuja voidaan verrata rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Ilmanvaihtokoneiden energiankulutuksessa lasketaan lämmitysenergian- ja puhaltimien tarvitsema sähköenergiankulutus vuodessa. Laskelmissa ei ole ollut kaikkia tietoja selvillä ja joitain on täytynyt arvioida. Pienempien ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja ei ole tiedossa, joten on käytetty arvioituja käyntiaikoja. Moottorin käyttämä sähköenergia on laskettu moottorin tietojen tai tämän puuttuessa oletetulla SFP-luvulla. SFP-luku ilmoittaa puhaltimen käyttämän tehon.

Taulukossa 7 on esitetty kiinteistön raskaan polttoöljyn kulutus vuosina 2004–2009 ja sähkönkulutus vuosina 2000 ja 2004–2009.

TAULUKKO 7. Raskaan polttoöljyn- ja sähkönkulutus (12)

Vuosi	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Kulutus (kg)		329 662	332 524	332 017	409 167	364 955	324 013
Kulutus (kWh)	3 423 400	3 548 180	3 585 060	3 920 860	3 960 600	3 570 050	2 808 970

Taulukossa 8 on laskettu lämmöntalteenotolla olevien ilmanvaihtokoneiden lämmitysenergiankulutus. Lämmitystarvelukuna käytetään paikkakunnalle laskettua lämmitystarvelukua 4 365 Kd, joka on vuosien 2007–2009 vertailupaikkakunnan toteutuneista lämmitystarveluvuista laskettu keskiarvo. Käyntiajoissa ei ole huomioitu ilmanvaihto- ja kiertoilmakoneiden mahdollista kiertoilman lämmitystä. Rakennusta lämmitetään kiertoilmalla yöllä, jos ilmanlämpötila laskee alle 16 °C. Lämmitysenergian kulutus voi tällöin olla hieman suurempi. Pie-lavent-koneen ilmamäärä ei ole tiedossa, joten sitä ei ole huomioitu laskuissa.

TAULUKKO 8. Lämmöntalteenotolla olevien ilmanvaihtokoneiden lämmitysenergiankulutus vuodessa

Kone	q_{vt}	t_d	t_v	η_{LTO}	Q
LIK-16	4,500	16,0	5	0,70	80 814,9
LIK-17	15,000	16,0	5	0,40	538 765,7
Pielavent		13,5	5	0,50	0,0
KIVA-1	1,000	11,5	5	0,70	12 907,9
TK-3.0	7,500	16,0	5	0,50	224 485,7
2TK1/2PK1 1/1	6,500	12,5	5	0,70	91 197,3
2TK1/2PK1 1/2	4,300	5,5	5	0,70	26 545,4
KIVA-6	7,800	16,0	5	0,70	140 079,1
1TK1/1PK1	15,000	16,5	5	0,70	277 801,1
4TK1/4PK1	3,700	10,5	5	0,70	43 606,4
TK1 Hallinto	1,200	13,6	5	0,50	30 530,1
IV-kone Ruokala	1,200	18,4	5	0,50	41 305,4
TK-3 Sos.tilat	1,200	21,8	5	0,50	48 937,9
C-LIK-4	1,523	13,5	7	0,50	53 847,9
Yhteensä					1 610 824,7

Lämmöntalteenotolla varustettujen koneiden lämmitysenergiankulutus on yhteensä 1 610 824,7 kWh vuodessa.

Taulukossa 9 on laskettu tuloilmakoneiden lämmitysenergiankulutus, joissa ei ole lämmöntalteenottoa. Koneiden LIK-3, LIK-4, LIK-13, LIK-14, LIK-11, LIK-12 ja 2TK2 käyntiaikoja ei ole tiedossa vaan ne ovat arvioituja.

TAULUKKO 9. Tuloilmakoneiden lämmitysenergiankulutus vuodessa

Kone	q_{vt}	t_d	t_v	Q
LIK-15	1,390	11,5	7	83 729,4
LIK-3	1,720	16	5	102964,1

(jatkuu)

TAULUKKO 9. (jatkuu)

LIK-4	1,720	16	5	102 964,1
LIK-13	1,360	16	5	81 413,5
LIK-14	1,360	16	5	81 413,5
LIK-11	2,780	16	5	166 418,7
LIK-12	4,900	16	5	293 328,0
2TK2	1,300	6	5	29 183,1
C-LIK-5	1,987	8	7	83 263,2
Yhteensä				1 024 677,8

Tuloilmakoneiden yhteinen lämmitysenergiankulutus on 1 024 677,8 kWh vuodessa. Lämmityspatterilla varustettujen tuloilmakoneiden yhteinen lämmitysenergiankulutus on 2 635 502,5 kWh vuodessa. Tässä ei ole mukana 3TK1-koneen energiankulutusta, jossa on sähkölämmityspatteri eikä kiertoilmakoneiden kuluttamaa lämmitysenergiaa.

Lämmöntuottotavan vuosihyötysuhteena käytetään 0,89, joka on yli 35 kW:n öljy- ja kaasukattilan vuosihyötysuhde (7, s. 14). Lämmöntuottotavan vuosihyötysuhde huomioiden lämmitysenergiankulutukseksi saadaan

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = \frac{2\,635\,502,5 \text{ kWh}}{0,89}$$

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = 2\,961\,238,8 \text{ kWh}.$$

Raskaan polttoöljyn määrä saadaan laskettua lämmitysenergiankulutuksesta, jossa on otettu huomioon lämmöntuottotavan vuosihyötysuhde. Raskaan polttoöljyn tehollisena lämpöarvona käytetään 11,4 kWh/kg (7, s.14). Polttoaineen määräksi saadaan

$$PA_{\text{lämmitys}} = \frac{2\,961\,238,8 \text{ kWh}}{11,4 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}}$$

$$PA_{\text{lämmitys}} = 259\,757,8 \text{ kg}.$$

Laskennallisesti ilmanvaihdon lämmitysenergian tuottamiseen menee 259 757,8 kg raskasta polttoöljyä. Vuosien 2007–2009 raskaan polttoöljyn kulutettu keskiarvo on 366 045 kg, jolloin laskennallinen raskaan polttoöljyn kulutus on 70 % kokonaiskulutuksesta.

Moottoreiden käyttämä energia saadaan laskettua kaavalla 6, jos moottorin teho on tiedossa (7, s. 36).

$$Q_{Moottori} = P * t_d * t_v * 365 \quad \text{KAAVA 6}$$

$Q_{Moottori}$	moottorin käyttämä energia vuodessa, kWh
P	sähköteho, kW
t_d	ilmanvaihtokoneen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaika, h/d
t_v	ilmanvaihtokoneen viikoittainen käyntisuhde, d/7d
365	päivien määrä vuodessa

Moottorin käyttämä energia saadaan laskettu kaavalla 7, jos ei tiedetä moottorin tehoa, mutta tiedetään ilmavirta (7, s. 36).

$$Q_{Moottori\ 2} = q_v * SFP * t_d * t_v * 365 \quad \text{KAAVA 7}$$

$Q_{Moottori\ 2}$	moottorin käyttämä energia vuodessa, kWh
q_v	ilmavirta, m ³ /s
SFP	ilmanvaihtokoneen käyttämä teho yhden siirtämiseen, kW/(m ³ /s)
t_d	ilmanvaihtokoneen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaika, h/d
t_v	ilmanvaihtokoneen viikoittainen käyntisuhde, d/7d
365	päivien määrä vuodessa

SFP-lukuna voidaan käyttää tulo- ja poistoilmakoneilla 2,5 kW/(m³/s), tuloilmakoneilla 1,5 kW/(m³/s) ja huippuimureilla 1,0 kW/(m³/s). Laskujen käyntiajoissa ei ole huomioitu ilmanvaihtokoneiden puhaltimien mahdollista pyörimistä yöaikaan, jolloin lämmitetään ilmaa kiertoilmalla. Sähkönkulutus voi olla tällöin hie-
man suurempi.

Taulukossa 10 on laskettu kaavalla 8 puhallinmoottorien käyttämä sähköenergia vuodessa. Pielavent ja IV-kone Farmi poistopuhaltimien tehoja ja ilmamääriä ei ole tiedossa, jolloin niitä ei voi laskea. D-IV-OF-02-konetta ei pidetä päällä, joten sitä ei huomioida. Koneiden KIK-5, KIK-11, KIK-13, KIK-14, KIK-15, 5PF1, KIK-3, KIK-4, KIK-6, KIK-8, KIK-9, LIK-13, LIK-14, LIK-12, 2PF10, 2PF8, 2PF5/2PF6, 1PF2, 2KIF3, C-IV-PF-08 ja C-IV-PF-06 käyntiajat on arvioitu.

TAULUKKO 10. Ilmanvaihtokoneiden puhaltimien käyttämä sähköenergia vuodessa

Kone	t_d (h)	t_v (vrk)	P (kW)	Q_{Moottori} (kWh/a)
KIK-5	6	7	0,120	262,8
KIK-11	6	7	0,180	394,2
KIK-13	6	7	0,180	394,2
KIK-14	6	7	0,180	394,2
KIK-15	6	7	0,180	394,2
LIK-15	11,5	7	0,950	3 987,6
LIK-16	16	5	7,500	31 285,7
LIK-16	16	5	7,500	31 285,7
LIK-17	16	5	25,000	104 285,7
HI-2	16	5	0,180	750,9
HI-3	16	5	0,180	750,9
HI-5	16	5	0,350	1 460,0
HI-6	24	7	0,350	3 066,0
5PF1	8	7	1,200	3 504,0
Pielavent	13,5	5	2,200	7 743,2
Pielavent				0,0
KIVA-1	11,5	5	1,500	4 497,3
KIVA-1	11,5	5	2,200	6 596,1
KIK-3	6	7	0,120	262,8
KIK-4	6	7	0,120	262,8
KIK-6	6	7	0,120	262,8
KIK-8	6	7	0,120	262,8
KIK-9	6	7	0,120	262,8
LIK-13	16	5	0,750	3 128,6
LIK-14	16	5	0,750	3 128,6
HI-1	16	5	0,180	750,9

(jatkuu)

TAULUKKO 10. (jatkuu)

HI-4	16	5	0,180	750,9
HI-13	16	5	5,500	22 942,9
HI-20	16	5	4,100	17 102,9
IV-kone Farmi	24	7		0,0
LIK-12	16	5	0,750	3 128,6
TK-3.0	16	5	15,000	62 571,4
D-IV-OF-2			5,700	0,0
2PF10	6	5	0,750	1 173,2
2PF8	24	7	0,370	3 241,2
2PF5/2PF6	24	7	0,750	6 570,0
2TK1 1/1	12,5	5	10,000	32 589,3
2TK1 1/2	5,5	5	3,300	4 732,0
2PK1 1/1	12,5	5	10,000	32 589,3
2PK1 1/2	5,5	5	3,300	4 732,0
KIVA-6 TK	16	5	11,000	45 885,7
KIVA-6 PK	16	5	11,000	45 885,7
1PF2	16	5	7,500	31 285,7
1PF4	24	7	0,075	657,0
4PF2	24	7	0,100	876,0
4PF3	24	7	0,100	876,0
4PF4	24	7	0,100	876,0
4PF5	24	7	0,075	657,0
3PK1	24	7	1,100	9 636,0
1TK1	16,5	5	22,000	94 639,3
1PK1	16,5	5	22,000	94 639,3
4TK1	10,5	5	6,000	16 425,0
4PK1	10,5	5	6,000	16 425,0
2KIF3	10	5	0,180	469,3
3TK1	24	7	1,500	13 140,0
TK1 Hallinto TK	13,6	5	3,000	10 637,1
TK1 Hallinto PK	13,6	5	2,200	7 800,6
IV-kone Ruokala TK	18,4	5	3,000	14 391,4
IV-kone Ruokala PK	18,4	5	1,500	7 195,7
TK-3 Sos.tilat TK	21,8	5	3,000	17 050,7
TK-3 Sos.tilat PK	21,8	5	2,200	12 503,9
C-IV-PF-08	3	7	0,650	711,8
6PF1	24	7	0,370	3 241,2
C-IV-PF-06	24	7	0,330	2 890,8

(jatkuu)

TAULUKKO 10. (jatkuu)

C-IV-PF-04	24	7	0,330	2 890,8
C-LIK-4 TK	13,5	7	2,300	11 333,3
C-LIK-4 PK	13,5	7	2,300	11 333,3
Yhteensä				875 851,7

Ilmanvaihtokone puhaltimien sähköenergiankulutus on 875 851,7 kWh vuodessa.

Taulukossa 11 on laskettu kaavalla 7 tuloilmakoneiden puhaltimien käyttämä sähköenergia vuodessa. SFP-lukuna on käytetty 1,5 kW/(m³/s). Koneiden LIK-1, LIK-2, LIK-3, LIK-4, LIK-11 ja 2TK2 käyntiajat on arvioitu.

TAULUKKO 11. Tuloilmakoneiden puhaltimien käyttämä sähköenergia vuodessa

Kone	Ilmavirta (m ³ /s)	t _d (h)	t _v (vrk)	Q _{Moottori2} (kWh/a)
LIK-1	1,667	8	7	7 301,5
LIK-2	1,667	8	7	7 301,5
LIK-3	1,720	16	5	10 762,3
LIK-4	1,720	16	5	10 762,3
LIK-11	2,780	16	5	17 394,9
2TK2	1,300	6	5	3 050,4
C-LIK-5	1,987	8	7	8 703,1
Yhteensä				65 275,8

Tuloilmakoneiden puhaltimien sähköenergiankulutus on 65 275,8 kWh vuodessa.

Taulukossa 12 on laskettu kaavalla 7 huippuimuri puhaltimien käyttämä sähköenergia vuodessa. SFP-lukuna on käytetty 1,0 kW/(m³/s). Huippuimureiden HI-8, HI-7 ja C-IV-PF-07 ilmamäärät sekä moottoreiden tehot puuttuvat. Näitä ei ole huomioitu sähkönkulutuksessa. Muiden kuin PK-2.1 koneiden käyntiajat on arvioitu.

TAULUKKO 12. Poistoilmakoneiden puhaltimien käyttämä sähköenergia vuodessa

Kone	Ilmavirta (m ³ /s)	t _d (h)	t _v (vrk)	Q _{Moottori2} (kWh/a)
PK-2.1	7,640	16	5	31 869,7
HI-8		16	5	0,0
HI-7		16	5	0,0
HI-9	3,190	12	5	9 980,1
HI-10	3,190	12	5	9 980,1
C-IV-PF-07		24	7	0,0
C-HI-10	0,180	8	5	375,4
1PK3	0,420	16	5	1 752,0
Yhteensä				53 957,4

Poistoilmakoneiden puhaltimien sähköenergiankulutus on 53 957,4 kWh vuodessa. Ilmanvaihtokoneiden yhteinen puhallinmoottorien käyttämä sähköenergia on 995 084,8 kWh vuodessa. Sähköenergian kesikukulutus vuosina 2007–2009 oli 3 446 540,0 kWh, jolloin ilmanvaihtokoneiden sähköenergiankulutus on noin 29 % kokonaiskulutuksesta.

7 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Normet Oy:n Iisalmen tehtaalle, joka valmistaa kaivos- ja tunnelitoiminnassa käytettäviä koneita. Opinnäytetyössä kartoitettiin Normet Oy:n Iisalmen tehtaan ilmanvaihtolaitteiden kunto ja selvitettiin mahdollisuuksia energiakustannusten pienentämiseen.

Kuntoarviossa kartoitettiin kaikki tehtaan ilmanvaihtolaitteet. Kuntoarviossa havaittujen huolto- ja korjaustarpeiden mukaan laitteille annettiin kuntoluokka. Ilmanvaihtolaitteille esitettiin tarvittavia korjaus- tai huoltotoimenpiteitä sekä uusimistarpeita. Uusittaville ja uusille ilmanvaihtolaitteille laskettiin arvioitu lämmitysenergiankulutus.

Kuntoarviossa havaitut ilmanvaihtolaitteiden huolto- ja korjaustoimenpiteet olivat kiireellisiä, ja ne olisi syytä tehdä ennen seuraavan lämmityskauden alkua tai viimeistään seuraavana kesänä. Uusien ilmanvaihtolaitteiden uusiminen kannattaa tehdä lähimmän viiden vuoden aikana. Takaisinmaksuajaksi uusille ilmanvaihtolaitteille saatiin 2,3 vuotta. Uusien ilmanvaihtolaitteiden kustannuksissa ja lämmitysenergiankulutuksessa ei ole huomioitu mahdollisten kiertoilmalaitteiden hintaa, joten tästä syystä takaisin maksuaika pitenee. Ilmanvaihtokoneiden laskettu lämmitysenergiaan käytetty raskaan polttoöljyn kulutus on 259 757,8 kg, joka on 70 % vuosien 2007–2009 keskikulutuksesta. Laskennallinen sähköenergiankulutus on 995 084,8 kWh vuodessa, joka on 29 % vuosien 2007–2009 keskikulutuksesta.

LÄHTEET

1. Normet Oy. Saatavissa: http://www.normet.fi/normet/normet_fi. Hakupäivä 1.4.2011.
2. Jumppainen, Kari 2011. Re: Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Sami Säisä. 20.1.2011.
3. LVI 01-10279. 1998. Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio suoritusohje. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSL5w%3A%2447%24L10279%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-LVI8400/L10279.pdf>. Hakupäivä 28.3.2011.
4. Ikäheimo, Allan 2011. Huoltoasentaja, Konecranes. Puhelinhaastattelu 25.3.2011.
5. D2. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2008. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Helsinki: Ympäristöministeriö.
6. Haahtela, Yrjänä – Kiiras, Juhani 2010. Talonrakennuksen kustannustieto 2010. Haahtela-kehitys Oy.
7. D5. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2007. Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Helsinki: Ympäristöministeriö.
8. Energiatodistusopas 2007. 2009. Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuuden määrittäminen. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=82328&lan=fi>. Hakupäivä 24.3.2011.

9. Kuopion lämmitystarveluvut vuosille 2003–2011. Saatavissa:
<http://.talotekniikka-lehti.fi/lammitystarveluvut/arkisto.php>. Hakupäivä
4.4.2011.
10. Kimari, Pirjo 2011. Yliopettaja, Oamk, tekniikan yksikkö. Keskustelu
31.3.2011.
11. Raskaan polttoöljyn hinta Suomessa vuosina 2009–2010. Saatavissa:
http://www.oil.fi/files/729_por.pdf. Hakupäivä 29.3.2011.
12. Jumppainen, Kari 2010. Re: Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja:
Sami Säisä. 22.10.2010.

LIITTEET

Liite 1 Halli-66:n ilmanvaihtokaavio

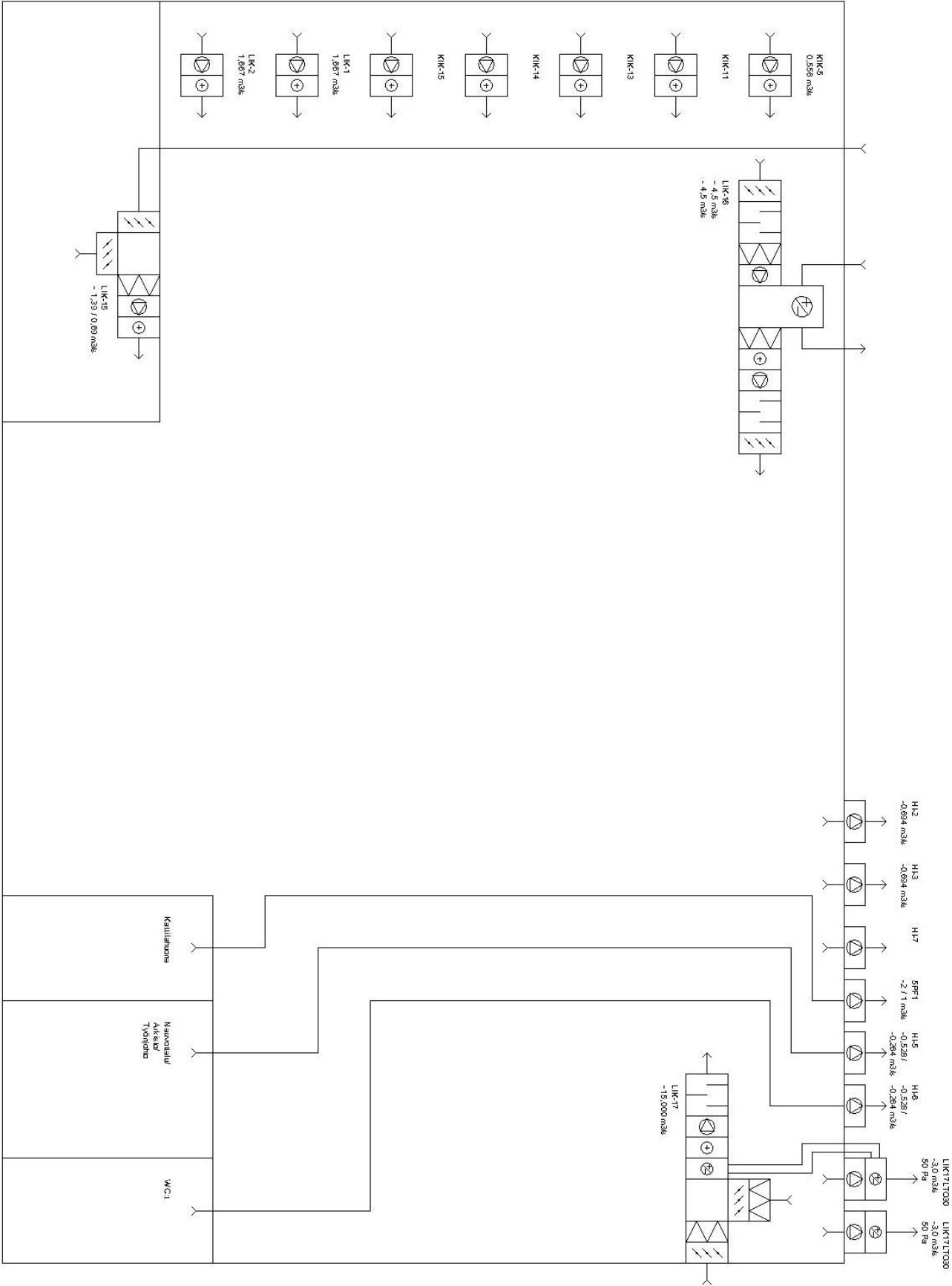
Liite 2 Halli-66:n (Farmi Forest) ilmanvaihtokaavio

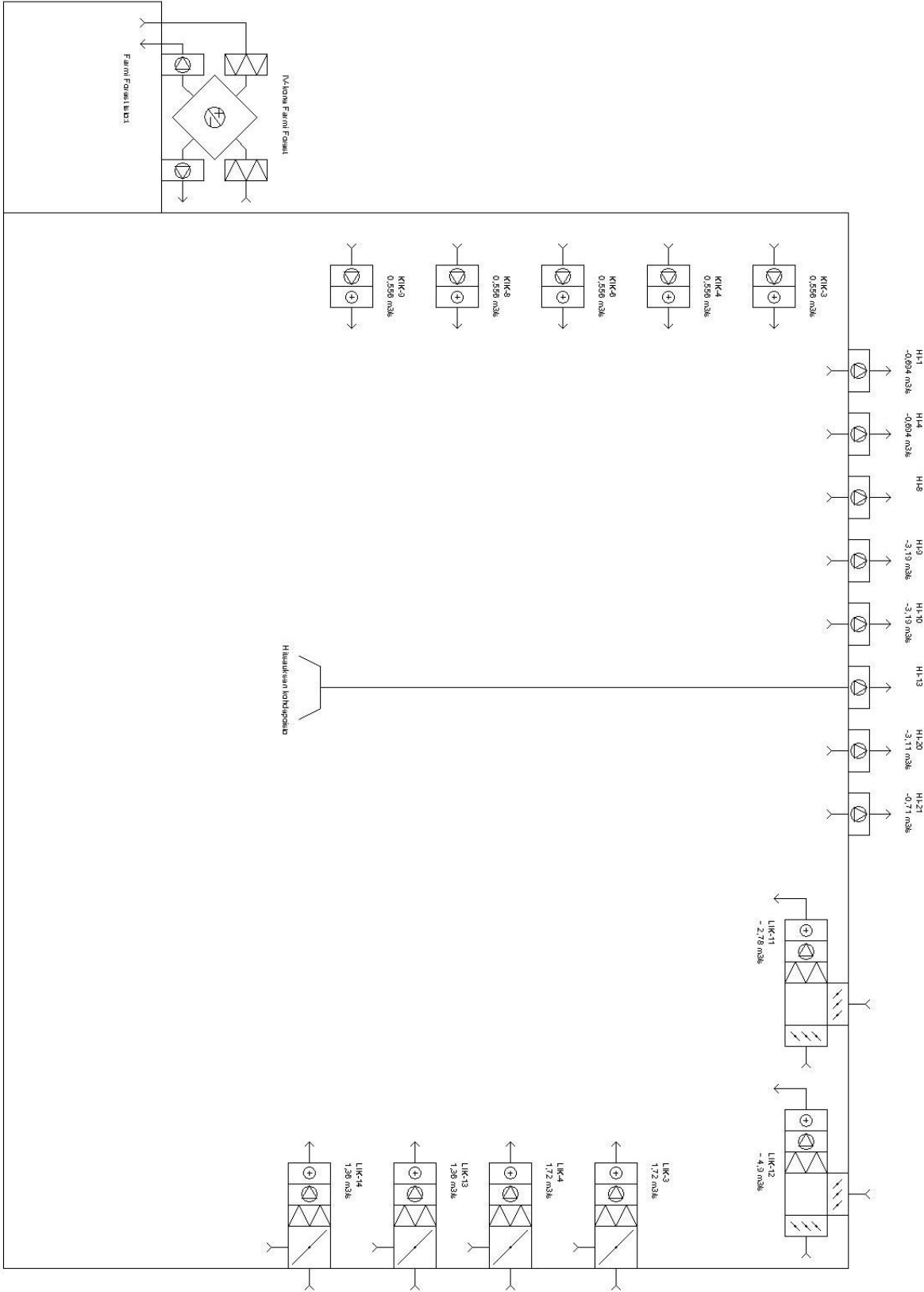
Liite 3 Halli-82:n ilmanvaihtokaavio

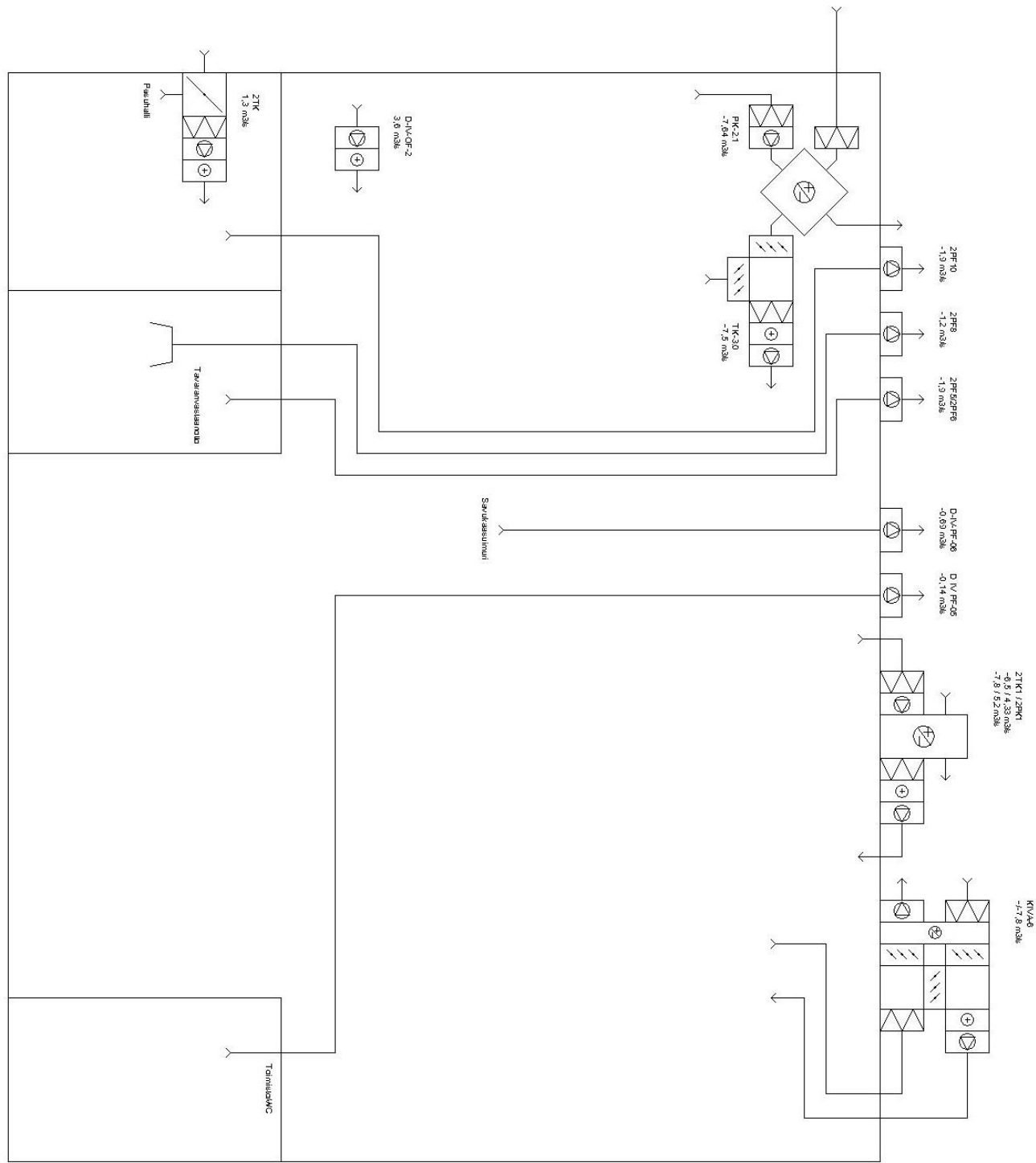
Liite 4 Halli-96:n ilmanvaihtokaavio

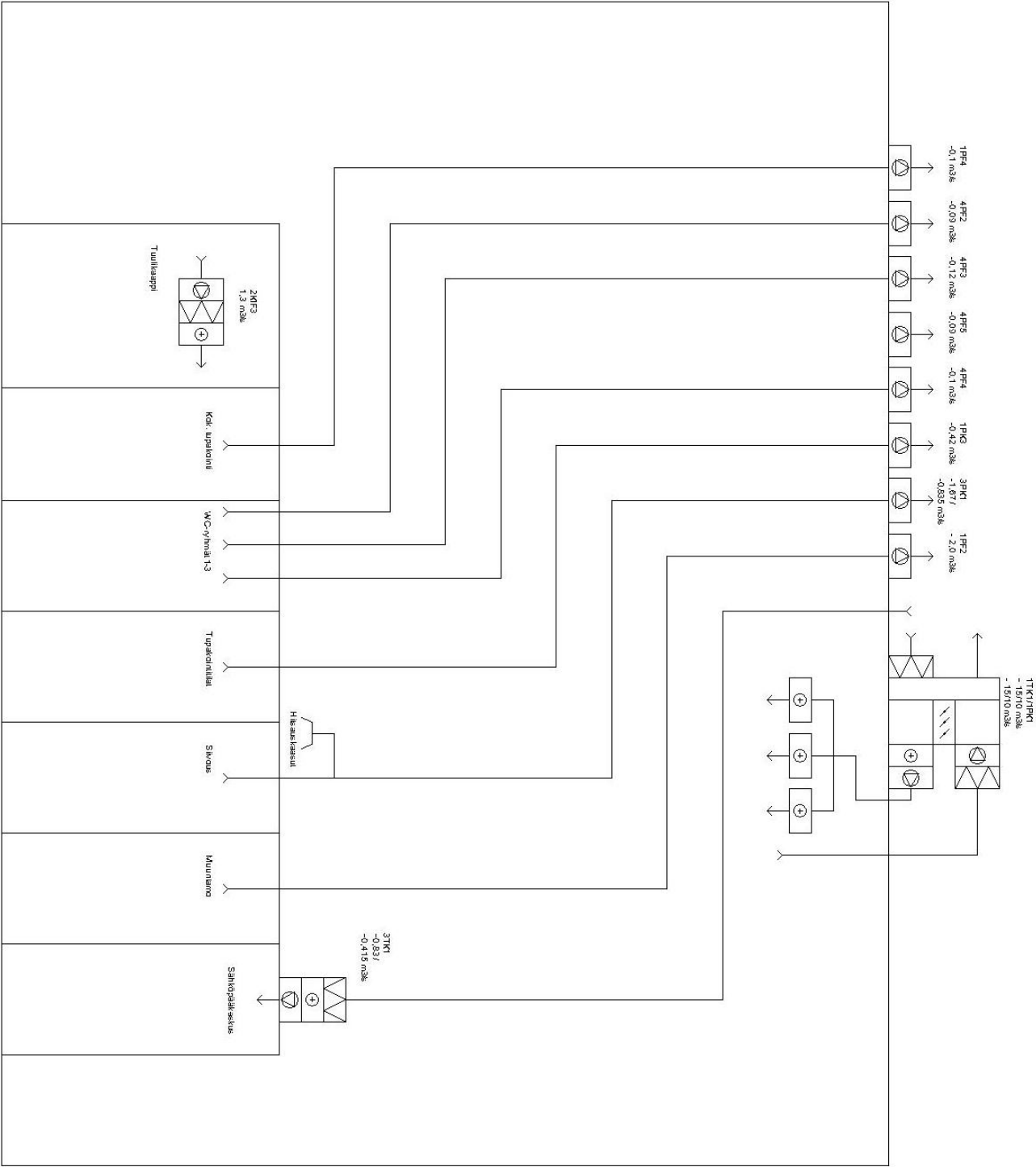
Liite 5 Toimisto- ja sosiaalitilojen ilmanvaihtokaavio

Liite 6 PTS-taulukko

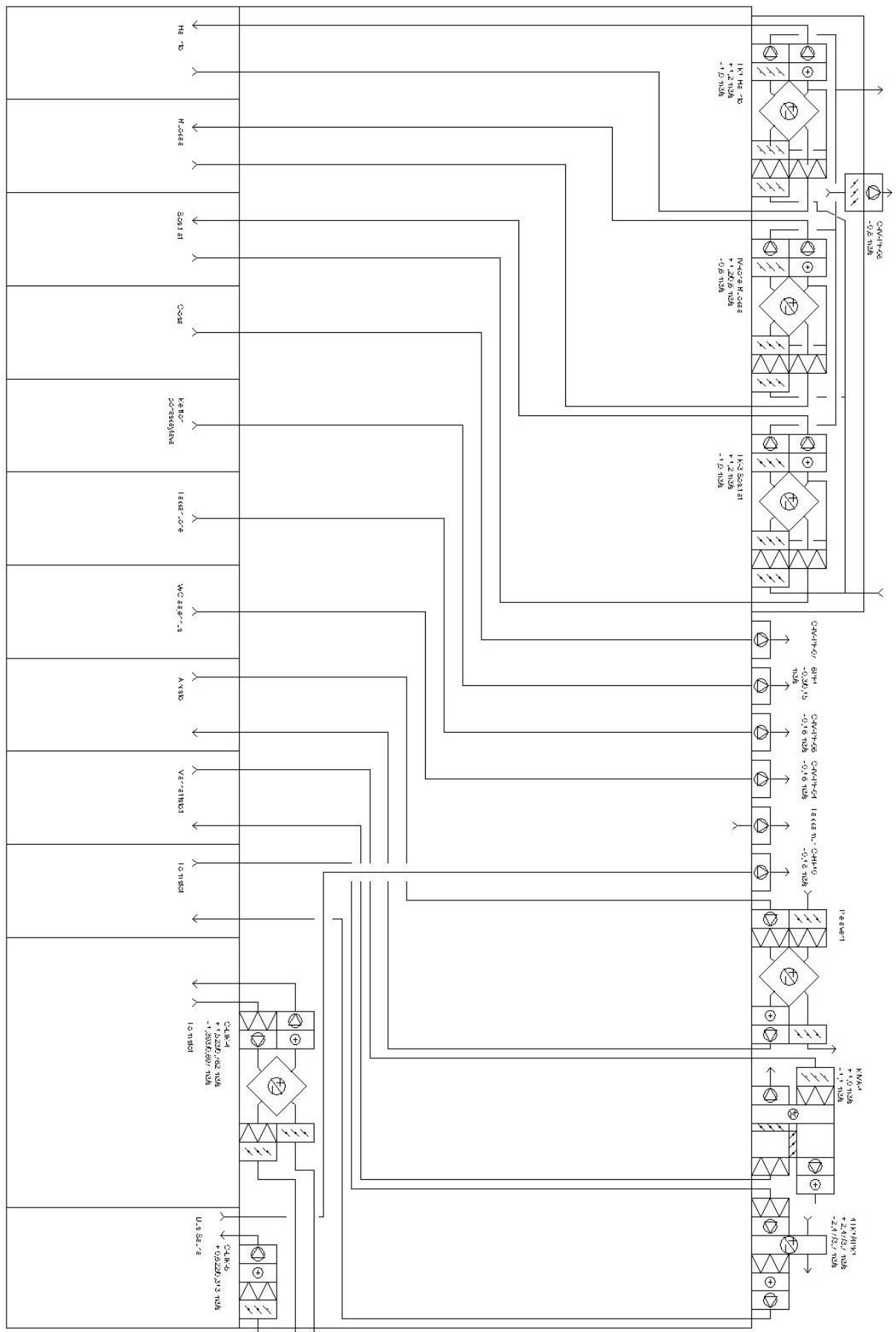








LIITE 5



LIITE 6

Hinnat ovat tuhatta euroa												
Toimenpide-ehdotukset	kpl	yksikkö	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Halli-66 (Farni Forest) ilmanvaihtokoneiden uusiminen	1	erä										
4TK1/4PK1 automaation korjaus	1	kpl	1		41	42						
Ristivirta- ja kennollisen lämmönsiirtimen puhdistus	2	kpl	2									
Pyörivän lämmöntalteenoton puhdistus	3	kpl	1,5									
Lämmityspatterin puhdistus	14	kpl	7									
Puhaltimen siipien puhdistus	2	kpl	0,2									
Turvakytkimen asennus	1	kpl	0,15									
Perhospellin asennus	1	kpl		0,4								
Poistoilmapellin korjaus	1	kpl	0,15									
Tuloilmapellin korjaus	1	kpl	0,15									
ULK-17 raitisilmapelien uusiminen	1	erä		4								
ULK-17 koneen raitisilman lumisuoja asennus	1	kpl		3								
3TK1 koneen pellin korjaus	1	kpl	0,1									
Oviverhopuhaltimen uusiminen	1	kpl				6						
PK-2.1 poistoilmakammion imurointi	1	erä	0,5									
Ilmanvaihtolaitteiden ilmajäätöjen mittaus	1	erä					10					
Yhteensä			12,75	7,4	41	48	10	0	0	0	0	0